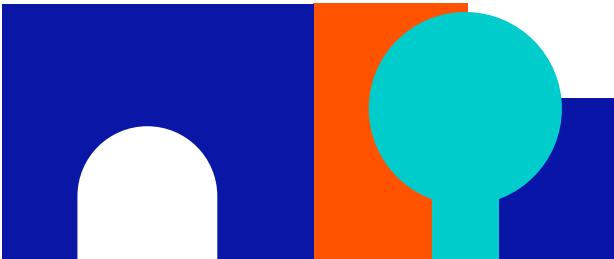


RACINE

Webinaire d'avancement

30 octobre 2025



Ordre du jour

Introduction

- (rapide) Présentation du programme ACTEE et de SURYA Ingénierie

Projet RACINE : contexte

- Pourquoi s'occuper du confort d'été ?
- Pourquoi s'occuper des écoles ?
- Pourquoi aller vers une approche lowtech ?

Projet RACINE : le projet

Amaury FIEVEZ - ACTEE
Doctorant / Pilote du projet RACINE



Tangi LE BÉRIGOT - SURYA INGENIERIE
Directeur général

Dernier webinaire accessible

Présentation du projet RACINE plus complète via la rediffusion du premier webinaire d'avril 2025 avec notamment plus de précisions sur

- Les enjeux climatiques
- Les enjeux liés aux écoles
- La lowtech

Ce webinaire a plutôt vocation à présenter l'avancement du projet RACINE.

[REPLAY] Webinaire de présentation du projet RACINE - ACTEE

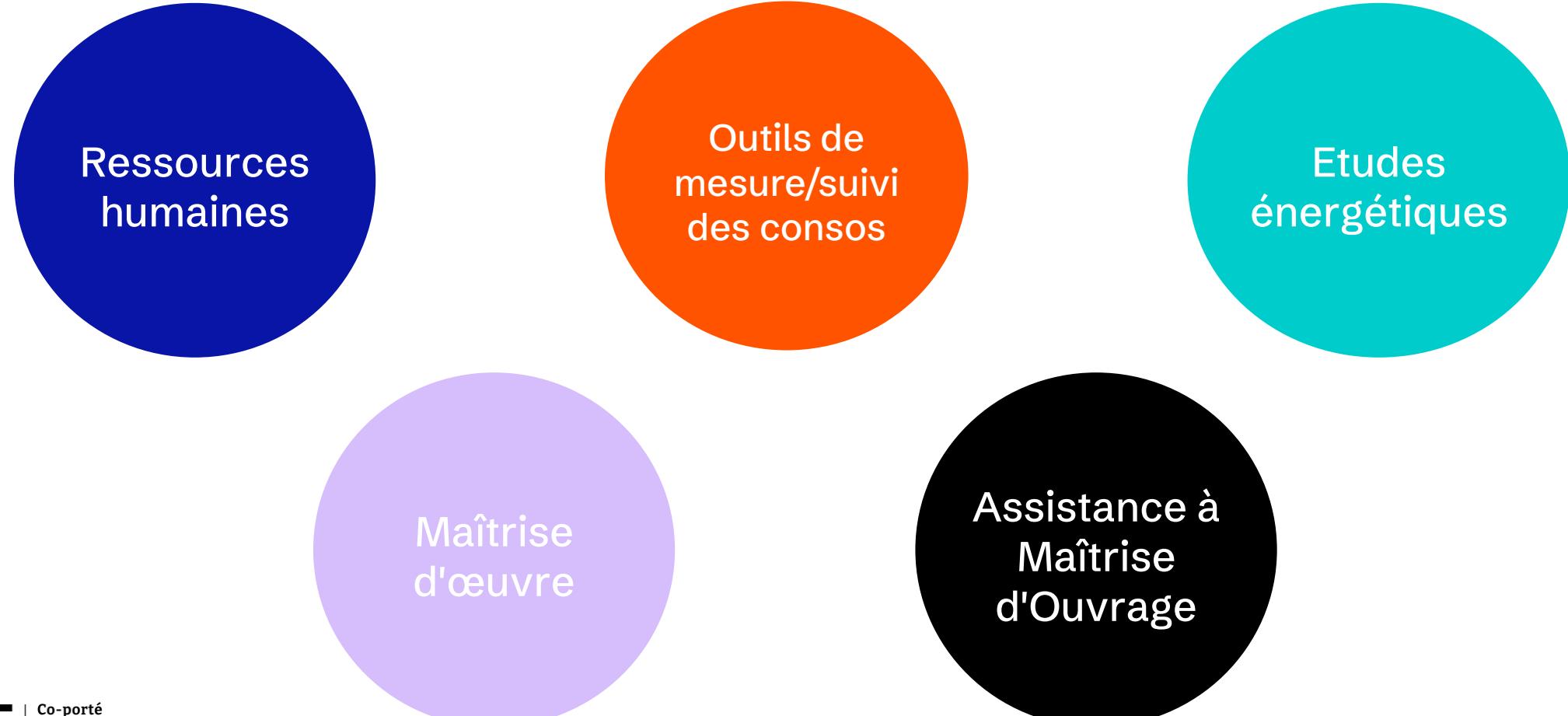
<https://programme-cee-actee.fr/actualites/webinaire-projet-racine/>

Introduction

Présentation du programme ACTEE et
de SURYA Ingénierie

Le Fonds CHÈNE : principal outil de financement d'ACTEE +

5 axes de financement pour encourager au passage à l'acte



Les sous-programmes thématiques

Lum'ACTEE+



Cinq lots de financement pour moderniser les installations d'éclairage public et maîtriser leurs consommations

Eff'ACTEE+



Financer les démarches d'effacement et de flexibilité électrique sur le plan des ressources humaines, des diagnostics de potentiel et des outils

CUBE



Des compétitions nationales pour promouvoir la sobriété énergétique en réduisant les consommations énergétiques des bâtiments tertiaires

PENSEE+



Accompagner les établissements de santé publics et privés non-lucratif vers l'atteinte des objectifs du DEET

AAP AMO CPE



Financement du temps interne et d'une AMO pour le déploiement de Contrats de Performance Energétique

AAP Démarches Bâtiments Durables



Instaurer une dynamique d'amélioration de la qualité environnementale des projets

Ecopousse



Animation et sensibilisation pédagogique sur les thématiques de la sobriété et de l'efficacité énergétique dans les écoles primaires

AAP Bâti patrimonial



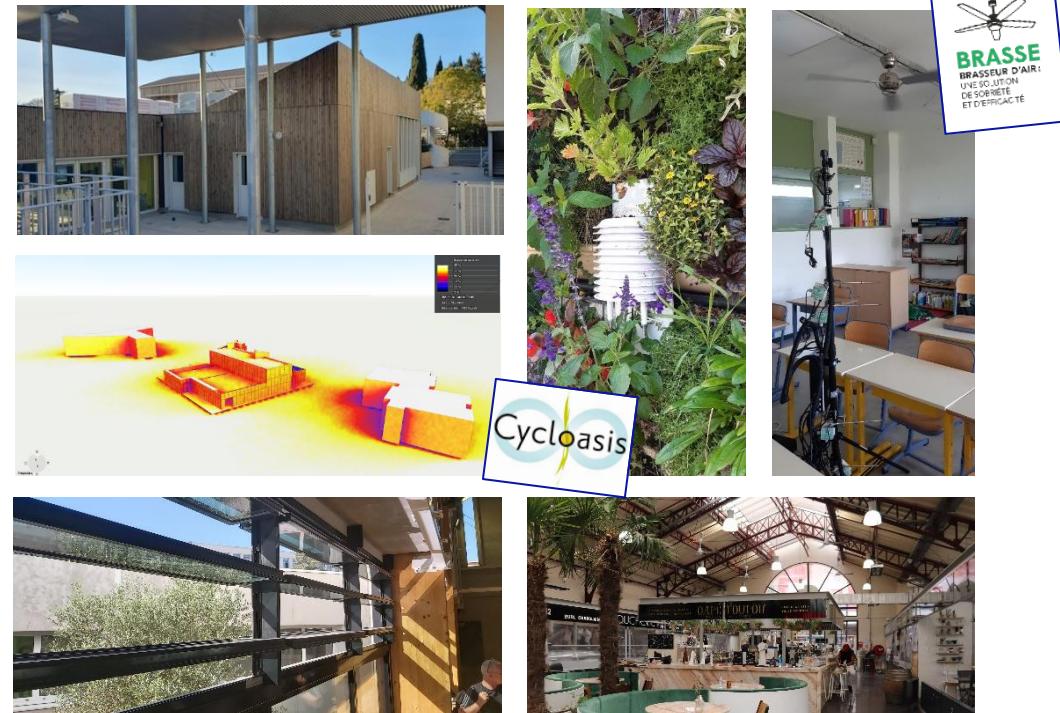
Accompagner les collectivités dans la rénovation énergétique du bâti d'intérêt patrimonial

Quelques mots sur SURYA

Une agence d'ingénieurs conseils pour accompagner la conversion écologique de la société.

Nous portons une vision systémique et régénérative sur les projets de bâtiments, d'infrastructures, d'aménagement et d'urbanisme

- Nos missions :
 - maîtrise d'œuvre,
 - assistance à maîtrise d'ouvrage pour des projets spécifiques ou dans le cadre d'accompagnements,
 - expertise (confort thermique et visuel, CFD, monitoring, coût global, POE, commissionnement, etc.),
 - R&D,
 - formation.



Faire émerger des solutions de rafraîchissement efficaces, reproductibles et éprouvées

LOT 1 - AIDER ET ACCOMPAGNER

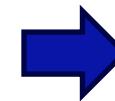
- Sélection de 50 projets
- Mise à disposition d'AMO/Ingénierie
- Dispositif d'aide aux travaux

LOT 2 – SUIVRE, OBSERVER ET EVALUER

LOT 3 – ANIMATION ET MONTEE EN COMPETENCE DES ACTEURS

CIBLES : 4 RÉGIONS (AURA, PACA, OCCITANIE, NVLLE AQUITAIN)

- Locaux d'enseignement : écoles, etc.
- Médico-social et sanitaire (EPAHD)
- Bureaux
- Logement, notamment avec publics vulnérables



Appel à Manifestation
d'Intérêt
À paraître courant
novembre 2025

LOT 4 – CAPITALISATION, SYNTHESE DES RESULTATS

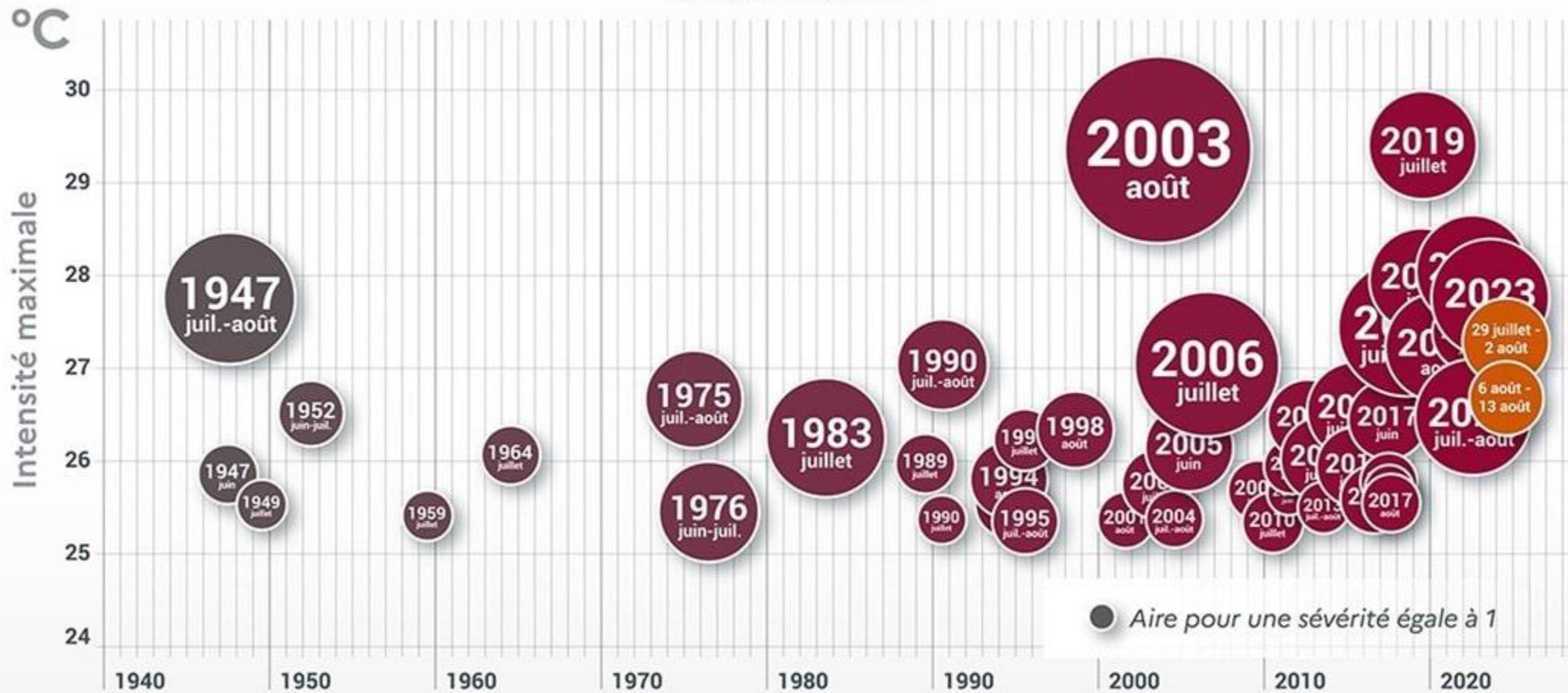
LOT 5 – COMMUNICATION

RACINE - Contexte

Pourquoi s'occuper du confort d'été ?

VAGUES DE CHALEUR OBSERVÉES

France – ● 1947 à ● 2023 – ● 2024



METEO FRANCE

RACINE - Contexte

Pourquoi s'occuper des écoles ?

L'école « à la croisée des chemins »

1. Les enfants sont « un public sensible » face à la surchauffe (moins bonnes capacités d'adaptation, morphologie différente)
2. Les vagues de chaleur apparaissent de plus en plus tôt et tard dans l'année (exemple de ce mois de juin 2025...)
3. Les écoles sont très exposées à la chaleur (vétustes, mal conçues, mal entretenues, etc).
4. Car les collectivités ont des moyens limités : il n'est pas réaliste de dire qu'on va rénover plusieurs dizaines de milliers d'écoles dans les années à venir. (et de toute façon : cela n'améliore pas toujours la situation !)

RACINE - Contexte

Pourquoi la lowtech ?

Pourquoi aller vers la lowtech ?

La lowtech ? Au-delà des seuls objets techniques : une philosophie / une vision qui part du principe que l'évolution technologique ne nous sauvera pas.

- Ce n'est pas un problème technique, mais organisationnel et sociétal.
- Car les promesses du « smart building » et du progrès technologique n'ont pas été tenues.
- Car devoir « faire mieux avec moins » est déjà une réalité dans les collectivités.
- Car dans un contexte géopolitique et sociétal « incertain », l'indépendance (à la technique, à l'énergie, à d'autres acteurs) est un choix stratégique.

S'agit-il de revenir à la bougie ?

NON !

Il ne s'agit pas d'une guerre contre la technique.

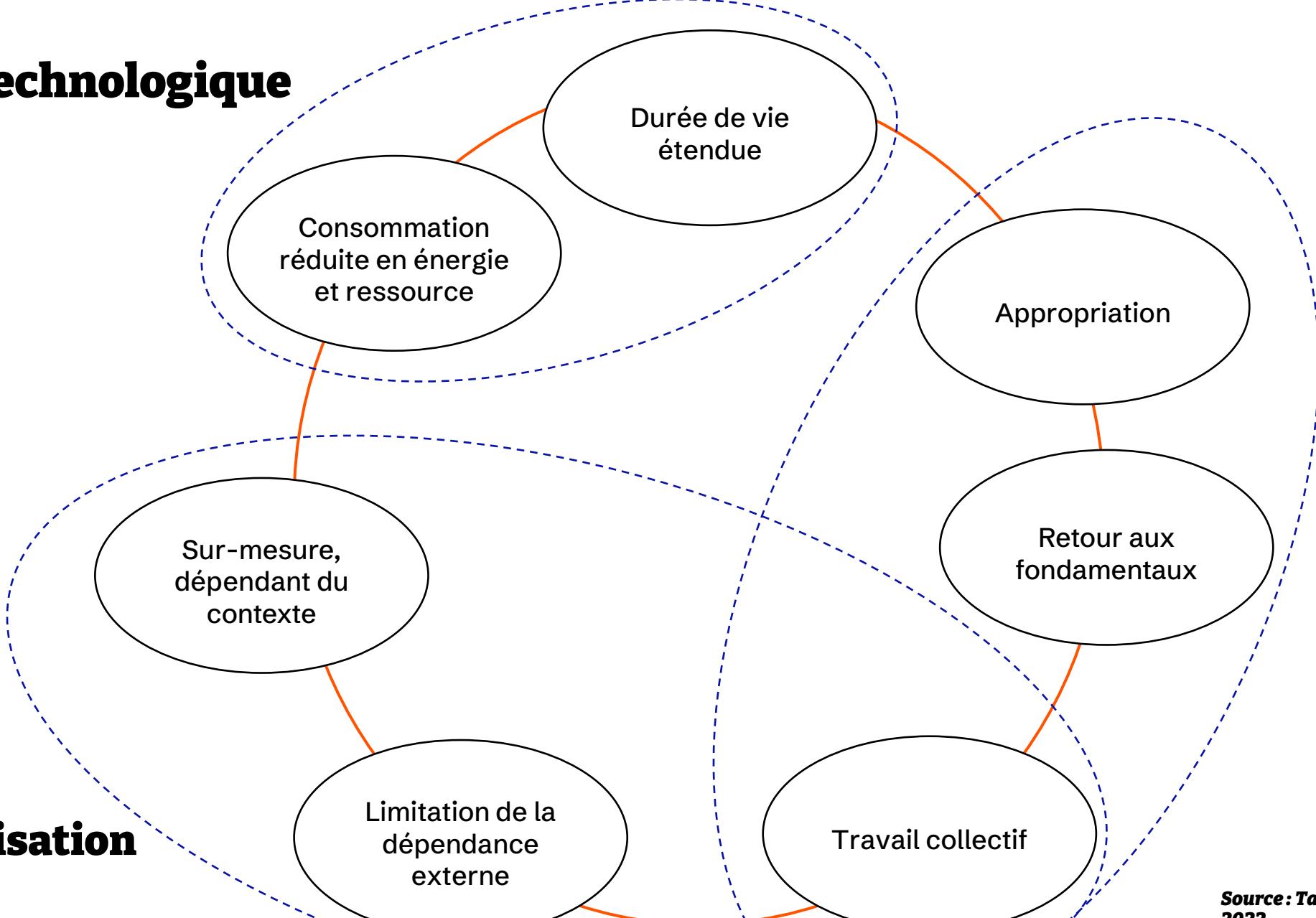
La « high tech » peut-être intégrée à une démarche lowtech, sous certaines conditions.

De même, il est difficilement imaginable d'aller vers du 100% lowtech.

Il s'agit de reprendre le contrôle (la tâche sera ardue).

...et de mettre l'humain devant la technique.

Technologique



Organisationnel

Social

Source: Tanguy A, Carrière L et Laforest V.
2022

Littérature

- Deux rapports de l'Ademe : « [état des lieux et perspectives](#) » et « [Recherche & low-tech, premiers éléments de réflexion](#) ».
- Essais : Bihouix (généraliste, 2014) [Gaillard](#) (bâtiment, 2023) notamment
- Programme CEE ([OMBREE](#), [PROFEEL](#), ACTEE), GT lowtech projet cap2030

En conclusion : sujet « niche », mais plus tant que ça non plus.

Quelques exemples concrets



Quelques exemples concrets



Surfaces vitrées minimum en RE 2020

Quelques exemples concrets



Sticker Fenêtre Soleil - Art Déco Stickers



Quelques exemples concrets

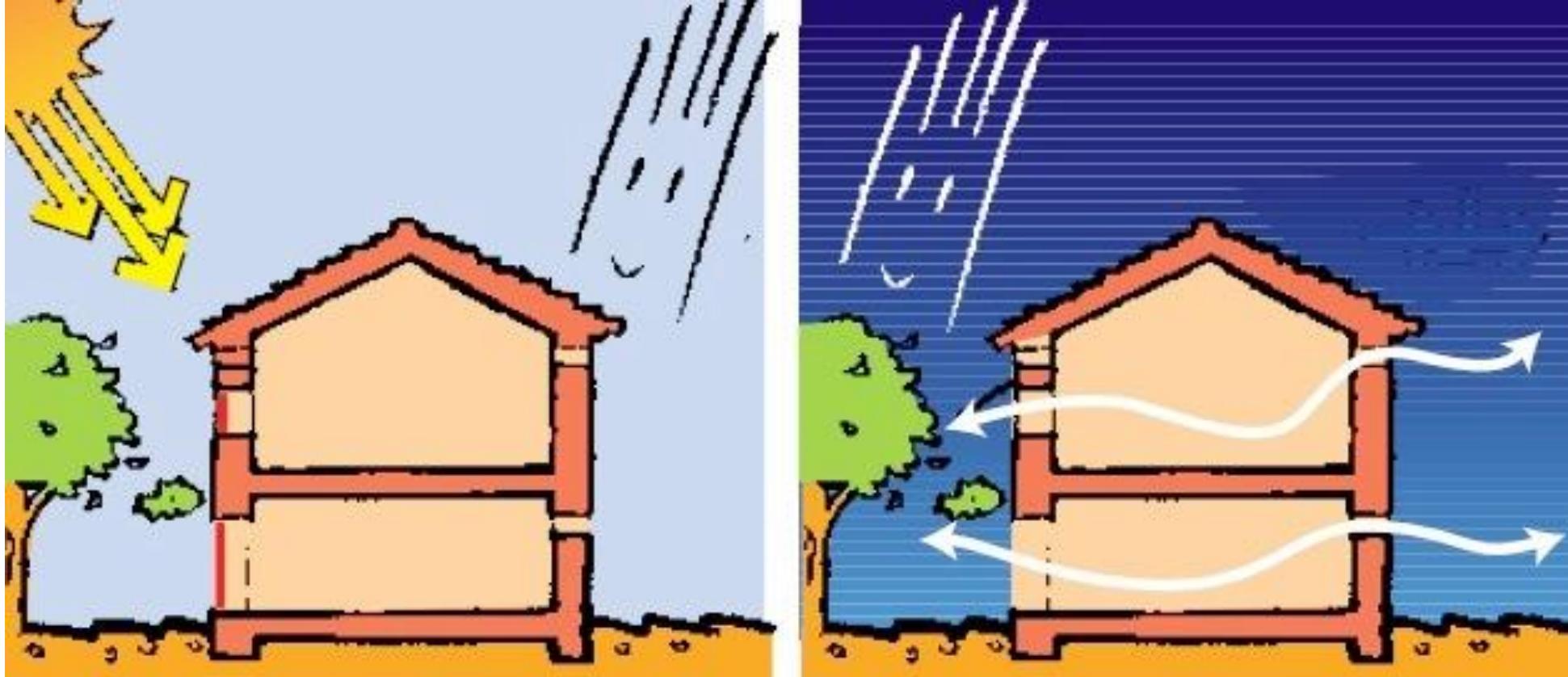


Vitesse de l'air (m/s)	Refroidissement équivalent (°C)
0,00	0,0
0,15	0,5
0,30	1,0
0,50	1,5
0,70	2,0
0,85	2,5
1,00	3,0

(Tableau à prendre avec du recul, car dépend de beaucoup de variables !)

#22 - Confort d'été et RE2020 : les brasseurs d'air sont-ils la solution ?

Quelques exemples concrets



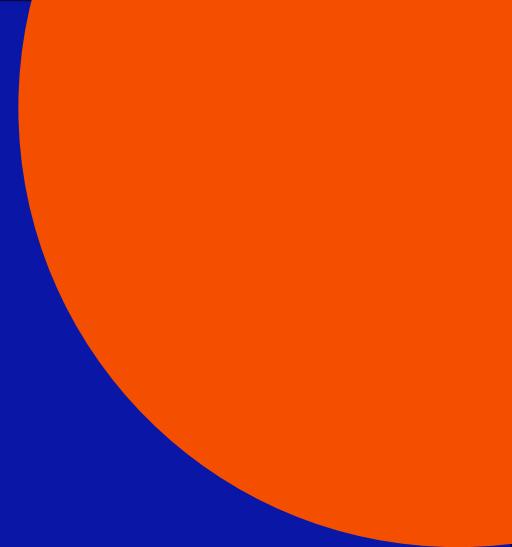
Alec marseille

Quelques exemples concrets (ou presque!)



5 choses à savoir sur la forêt - Magazine Avantages

RACINE - Le projet



Le projet RACINE

Quoi ? Un projet de recherche expérimental visant à étudier la mise en œuvre de démarches lowtech au sein d'une école publique pour l'adaptation à la surchauffe

Le projet RACINE - Gouvernance

Comité de pilotage (et jury) :

ACTEE (financier), MEET, MEN, AQC, AMF

Groupe de recherche : plus d'une dizaine de partenaires réunis pour des échanges techniques et scientifiques : institutions (ADEME, CSTB, CEREMA...), collectivités, associations (ALECs, etc.), entreprises (bureaux d'études, installateurs).

Expérimentation et mise en œuvre opérationnelle :

ACTEE + SURYA ingénierie

RACINE : sujets de recherche

- Quelles sont les solutions techniques et organisationnelles compatibles avec une démarche lowtech ?
- Quelle efficacité et quelles limites de ces solutions ? (y compris en prenant en compte l'évolution du climat)
- Quels freins et leviers (réglementaires, financiers, techniques, sociaux) à la mise en place d'une démarche lowtech au sein d'une école publique ?

« *Les conditions organisationnelles de réussite et de reproductibilité à la mise en place de démarches lowtech dans les écoles primaires publiques pour l'adaptation à la surchauffe* »

Le projet RACINE

Pourquoi ?

- 1) La théorie sur le confort d'été est essentiellement connue, de même que les solutions techniques, mais la mise en œuvre « tarde un peu ».
- 2) Règlementations obsolètes (neuf, mais surtout rénovation). La plupart des bâtiments récents (neuf ou rénovation) surchauffent !!
- 3) Faible niveau de connaissance en MOA/MOE/AMO/BE
- 4) Sujet bien souvent plus organisationnel et social que technique (ventilation nocturne, intrusion, volets, problématiques architecturales, luminosité, etc.)
- 5) Baisse drastique de la culture générale « basique » au sein de la population

Le projet RACINE

Objectifs ?

Remise à plat du sujet : on reprend les bases.

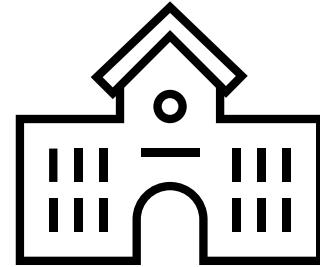
L'objectif principal est le développement d'une méthodologie d'intervention, d'action, qui puisse être déployée largement par la suite.

En s'appuyant sur l'existant : les réseaux d'économies de flux et de CEP (et autres profils proches) au sein des collectivités et associations.

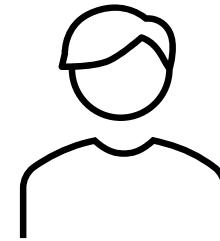
Sans faire appel à une expertise pointue, ou à des travaux longs, complexes, couteux...

Le projet RACINE

Comment ? En s'appuyant sur des personnes référentes au sein des collectivités qui seront pilotes de la mise en œuvre de ces démarches, avec le soutien du programme ACTEE (formations sur mesure et soutien en ingénierie)



Ecole : terrain d'expérimentation



Référent.e de projet : Responsable de l'expérimentation

- **La personne référente du projet** a en charge la mise en œuvre de la démarche lowtech au sein de l'école.
- **Le programme ACTEE** vient en soutien (formation, support technique, animation de la communauté RACINE).

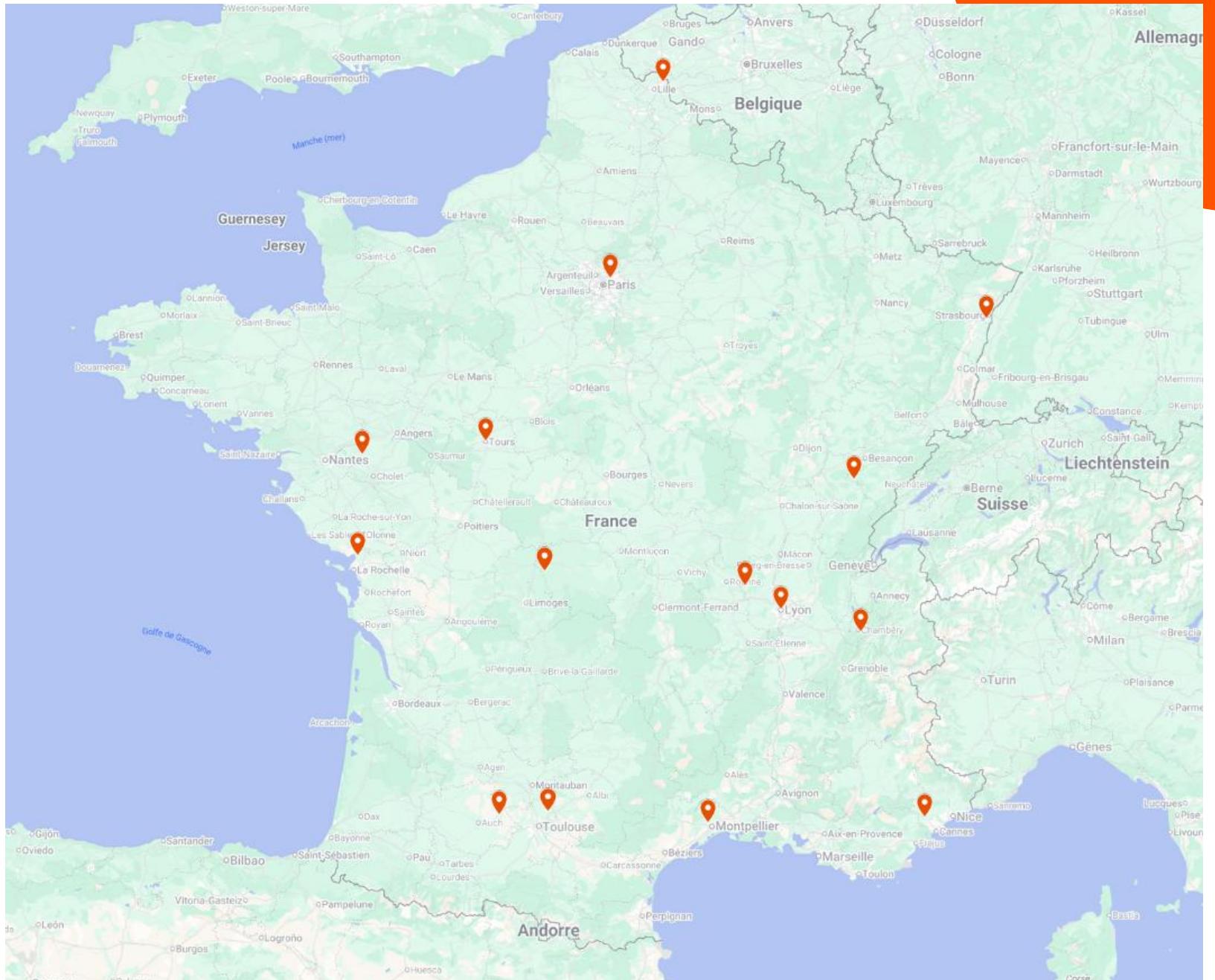
➤ Lancement d'un AMI en avril 2025

➤ ~35 dossiers déposés

➤ 15 écoles sélectionnées

➤ Critères :

- Architecture
- Géographie
- Urbain/rural
- Systèmes techniques
- Profil des personnes référentes



Le projet RACINE

Quand ? Mise en œuvre d'une première partie du projet entre juin 2025 et décembre 2026. Poursuite possible selon évolution du programme ACTEE

Méthodologie globale



Phase 1 : Analyse diagnostique initiale

Identification des fonctionnements et dysfonctionnements, collecte de données factuelles et caractérisation des problématiques.



Phase 2 : Montée en compétence et co-construction du plan d'action

Organisation de sessions de formation et groupes de travail ciblé selon les besoins identifiés, et élaboration d'un plan d'optimisation opérationnelle.



Phase 3 : Mise en œuvre opérationnelle des actions correctives

Déploiement des actions définies, ajustements techniques ou organisationnels, et accompagnement des parties prenantes dans la conduite du changement.



Phase 4 : Évaluation des effets et consolidation des améliorations

Suivi post-intervention, analyse des indicateurs de performance, et validation de l'efficacité des actions entreprises au regard des objectifs initiaux.

Quelques éléments sur la phase 1

Nous menons notre analyse via la méthode POE.

Le POE : Post Occupancy Evaluation (évaluation post occupation) est une démarche d'analyse in situ des bâtiments en usage réel.

Les premiers POE apparaissent dès les années 60 pour répondre à la question de la différence entre théorie et réalité.

(Question d'ailleurs toujours sur la table...)

Contenu d'un POE :

- Questionnaire usager satisfaction/confort
- Mesures de température/humidité
- Visite technique
- Entretiens
- Consommations d'énergie
- ...

Avancement de la recherche

POE : Qu'allons nous apporter à la science ?

Le POE apparaît comme un très bon moyen d'avoir une vision globale du bâtiment.

Cependant, il est encore un « outil de chercheur », prometteur, mais qui doit encore se démocratiser.

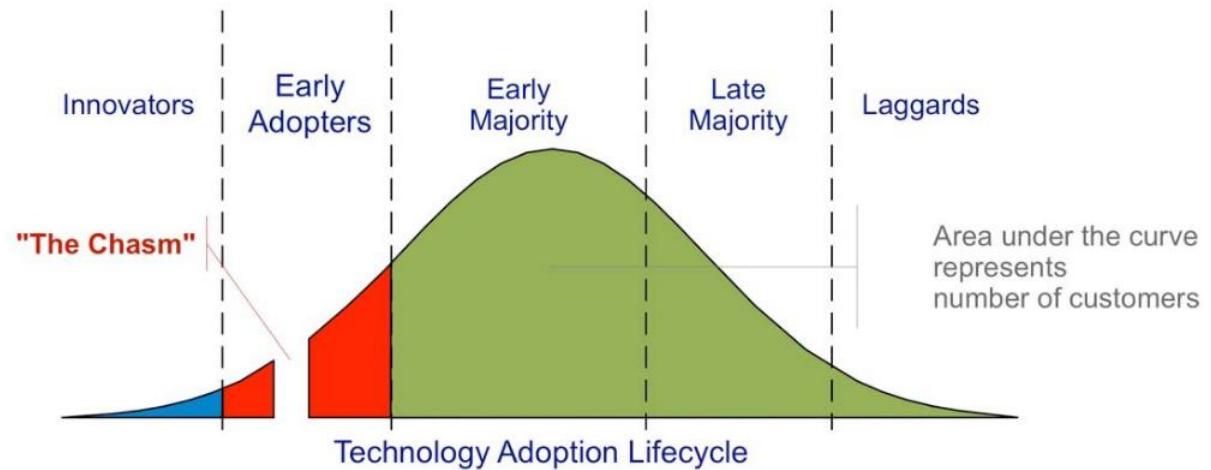


Figure 12 Technology Adoption Lifecycle (Source: Wikipedia Commons)

Quelques éléments sur la phase 1

Le POE dans RACINE repose sur 4 piliers :

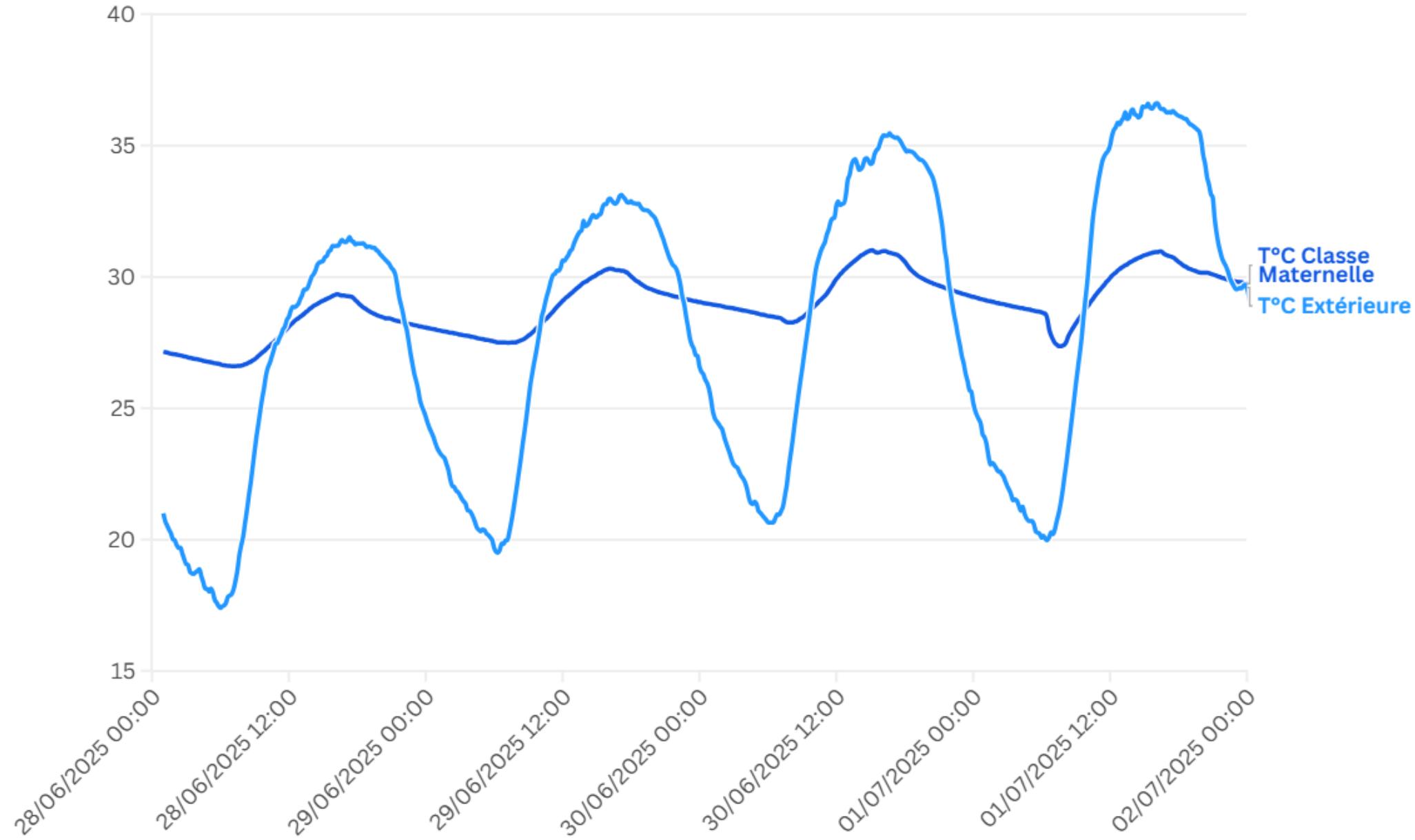
- l'observation instrumentée
- la consultation des usagers
- la visite d'experts (diagnostic technique)
- la collecte d'informations contextuelles (gouvernance, historique des interventions, conditions locales).

L'Instrumentation

Pose de capteurs début juin.

Relevés de température extérieurs (à l'ombre ou donc protégé du soleil) et intérieurs (salles de classe, réfectoires et autres points d'intérêt).

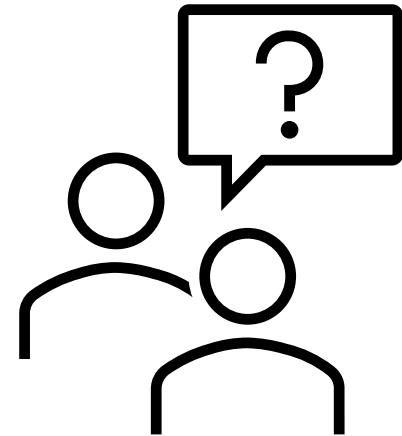
Premier constat : fort potentiel de rafraîchissement nocturne !



La consultation des usagers

Le questionnaire, dans le cadre d'une évaluation post-occupationnelle (POE), poursuit trois finalités principales :

- Mesurer le confort perçu par les usagers (thermique, lumineux, acoustique, etc.).
- Documenter les usages réels des espaces, des équipements et des systèmes techniques.
- Impliquer les usagers dans une dynamique d'appropriation du bâtiment et d'amélioration continue.

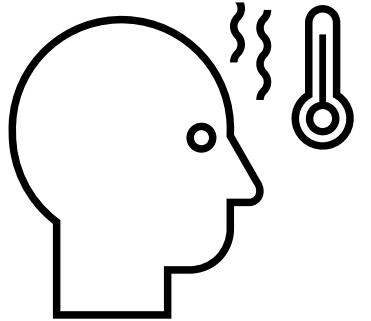


La consultation des usagers

Dans le cadre d'une démarche de POE, le questionnaire s'organise en quatre grandes sections :

- La caractérisation des usagers,
- Le ressenti du confort perçu,
 - Questions sur la perception (intensité, fréquence)
 - Questions sur les préférences, jugements et souhaits
- La description des usages,
 - Fréquence d'utilisation des espaces et équipements
 - Modalités d'adaptation (ex. ouverture des fenêtres, port de vêtements, etc.)
 - Comportements liés à la ventilation, la lumière, le chauffage, etc.
- L'évaluation globale du vécu dans le bâtiment, assortie d'un espace d'expression libre.

1.



La consultation des usagers

Pour que cela fonctionne, il faut une méthode :

- De construction de questionnaires basée sur les normes et règles en vigueur,
- D'administration des questionnaires,
- D'analyse.

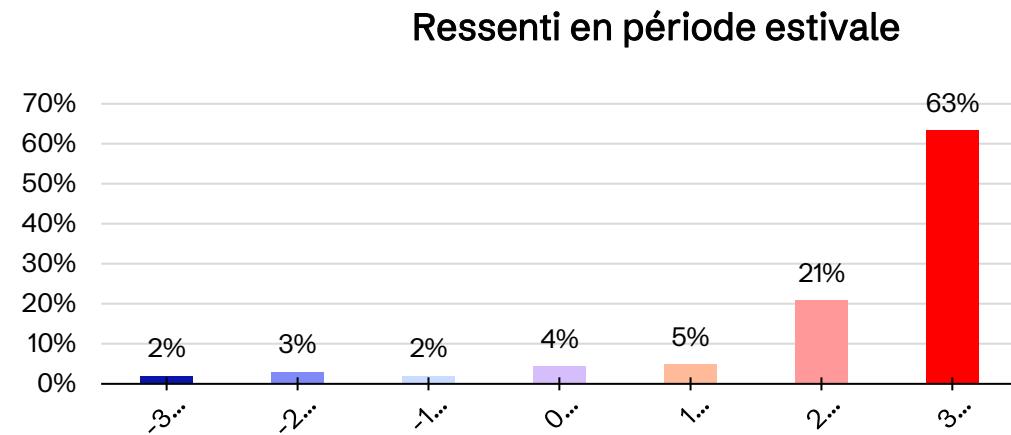
Et il faut des outils adaptés.

The screenshot shows a web-based survey interface. At the top, there's a header with logos for ACT'EE, SURYA INGENIERIE, and Charron. Below the header, a banner reads "Pour accéder au questionnaire : charron.surya-confort.com" with a QR code. The main content area starts with an introduction about the RACINE program and its goals. It includes a note about the survey being anonymous and a reminder to answer truthfully. A section titled "Bon questionnaire" follows, with a note that it contains 20 questions. The next section, "II. CONFORT THERMIQUE EN ETE", asks users to describe their thermal comfort levels during summer. A pie chart at the bottom left shows the distribution of responses by profession: ATSEM (yellow), Professeur des écoles (green), AVS (blue), Personnel de restauration (orange), Membre de l'ACM (red), and Autre (grey). The chart has values 29, 8, 3, 4, 1, and 2 respectively.

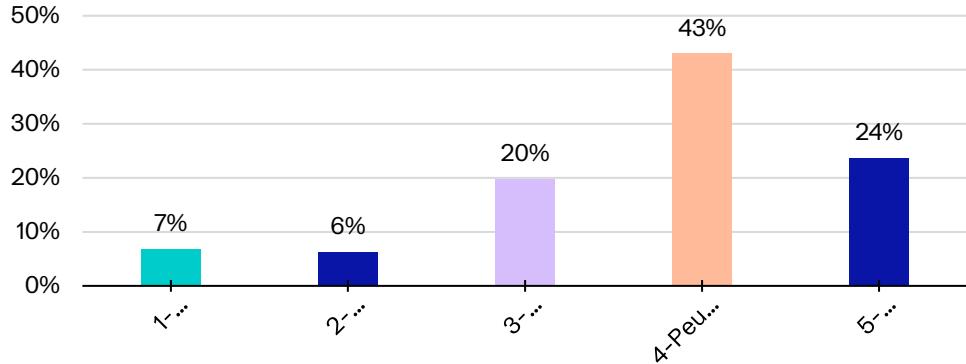
La consultation des usagers

En chiffre pour RACINE :

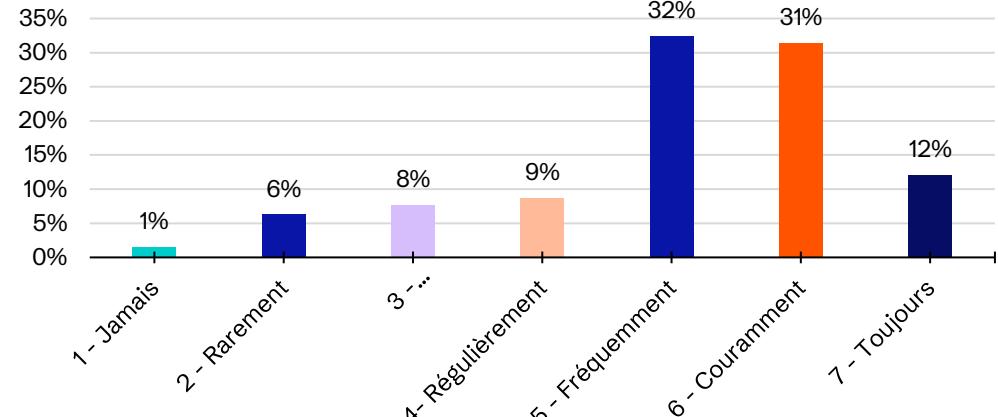
- 230 réponses sur 15 écoles,
- Un taux de réponse moyen de 80%,



Tolérance en période estivale



Gêne en période estivale

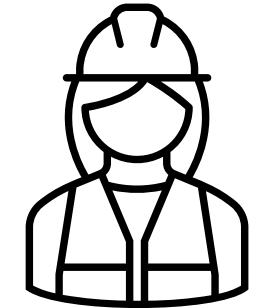


La visite technique

Réalisée par les référents aux compétences variées

The image shows a screenshot of a document titled "Guide de visite technique". At the top left is the ACT'EE logo with the text "Action des Collectivités Territoriales pour l'Efficacité Energétique". At the top right is the Surya Ingénierie logo. The main title "Guide de visite technique" is centered above a green horizontal bar. Below this bar, the text "Guide de fonctionnement de l'outil" is followed by a detailed description of the tool's purpose and usage tips. The tips include:

- Copier autant de fois que nécessaire l'onglet 'Local'. Il est nécessaire de remplir un onglet par local.
- Remplir les champs pendant la visite pour éviter les oubli.
- Utiliser la colonne Observations pour noter tout élément spécifique ou inattendu.
- Si une donnée est inconnue, indiquer « à vérifier » pour suivi ultérieur.
- La synthèse doit être rédigée en fin de visite pour chaque zone, afin de préparer les pistes d'amélioration.
- Repérer sur un plan, les noms utilisés pour désigner les menuiseries, parois, locaux, etc.



La visite technique

1. Diversité architecturale :

- De 1 à 8 bâtiments par école
- Constructions de 1898 à 2019, couvrant plus d'un siècle d'évolution

2. Caractéristiques fonctionnelles

- 4 à 27 classes – de 70 à 476 élèves
- Petites écoles rurales ↔ grands ensembles urbains
- Types : maternelles, élémentaires, groupes scolaires mixtes

2. Surfaces bâties

- De 600 à 4 000 m², moyenne ≈ 2 000 m²
- Organisation variable : bâtiments compacts vs sites évolutifs à extensions successives

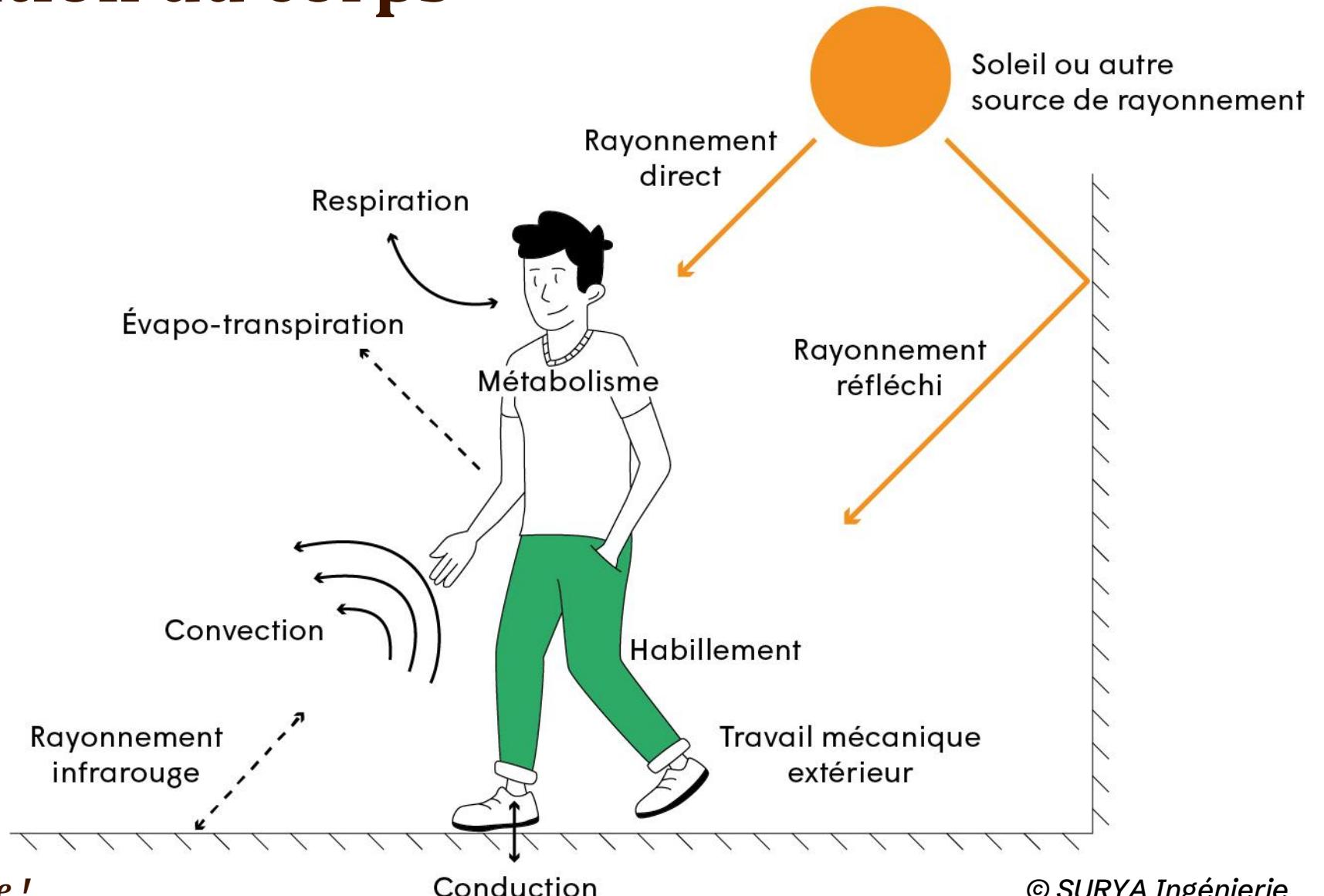
RACINE

Quelques éléments à partager

Quelques rappels - Un peu de physiologie

Le confort thermique va au-delà de la seule température, qui est certes une variable importante mais qui n'est pas la seule.

La thermorégulation du corps



Tout ce système doit être à l'équilibre !

© SURYA Ingénierie

Les variables physiques importantes

Température de l'air

Plus la différence entre la température de l'air et celle de la peau est grande, plus la conduction est forte

Humidité

*L'humidité agit comme un catalyseur de transfert thermique
L'humidité peut empêcher la sudation si elle est trop élevée*

Vitesse de l'air

Accélère la convection, ce qui peut être parfois positif parfois négatif

Température radiante

Impacte la puissance du rayonnement entre la personne et son milieu ambiant

La régulation physiologique (thermorégulation)

Augmentation du métabolisme

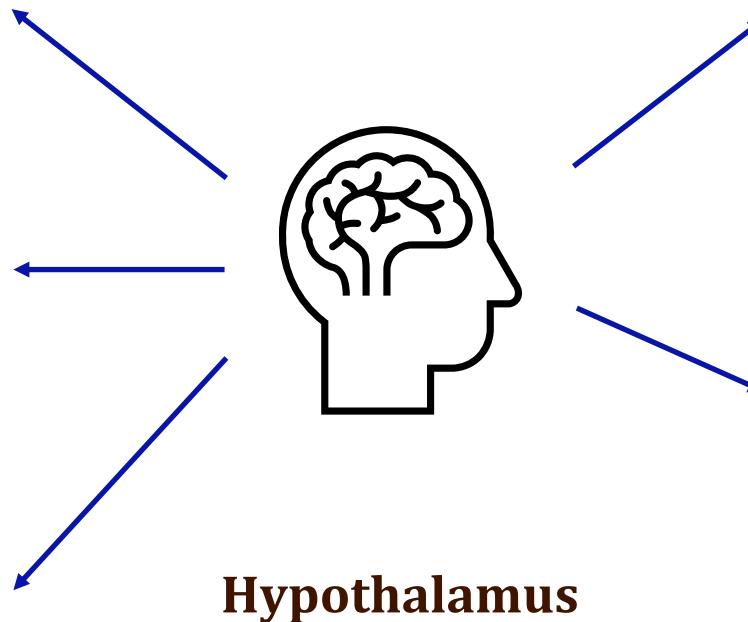
Produit de la chaleur interne

Contraction des muscles

*Produit de la chaleur interne
(horripilation)*

**La vasoconstriction cutanée
artériolaire**

Augmente la capacité isolante de la peau



La sudation

Perte de chaleur par évaporation sur la peau

La vasodilatation cutanée active

*Augmente les pertes par convection et
rayonnement*

La régulation comportementale

Adapter son habillement

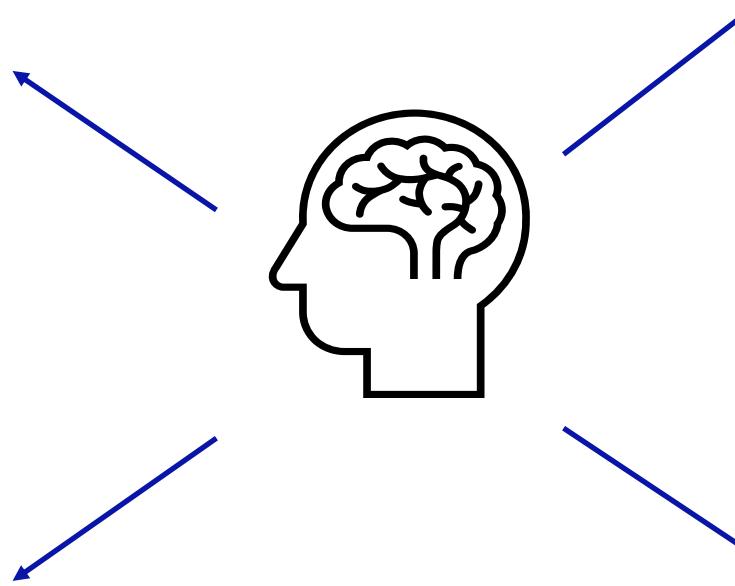
*Surface du corps exposée à l'environnement
Augmentation ou diminution de l'isolation
Création d'une couche d'air sur la peau*

Adapter son activité physique

Production de chaleur interne

Adapter son alimentation

*Apport en eau
Alcool
Digestion*



Se protéger de son environnement... !

(par exemple en s'abritant dans des bâtiments)

Un peu de physique

L'isolation, c'est un peu surcoté ?

Quelques **ordres de grandeurs**, cas d'un mur classique :

Paroi non isolée ($U=1,5$) ou isolée ($U=0,5$), DT 10°C ($35^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C}$) de 50m^2

250 W à 750W

Vitrage fortement exposée au rayonnement solaire (800W, 5m^2)

2400W

(facteur 3 à facteur 10)

Bien sûr, avec des imprécisions :

Temporalité (dans la vraie vie, l'énergie ne rentre pas instantanément, irradiance solaire pas à 800W/m^2 , 12h/jour)

Rayonnement solaire sur les parois

Etc.

Un peu de physique

L'énergie, c'est une quantité ! Le rôle du stockage thermique dans le bâtiment

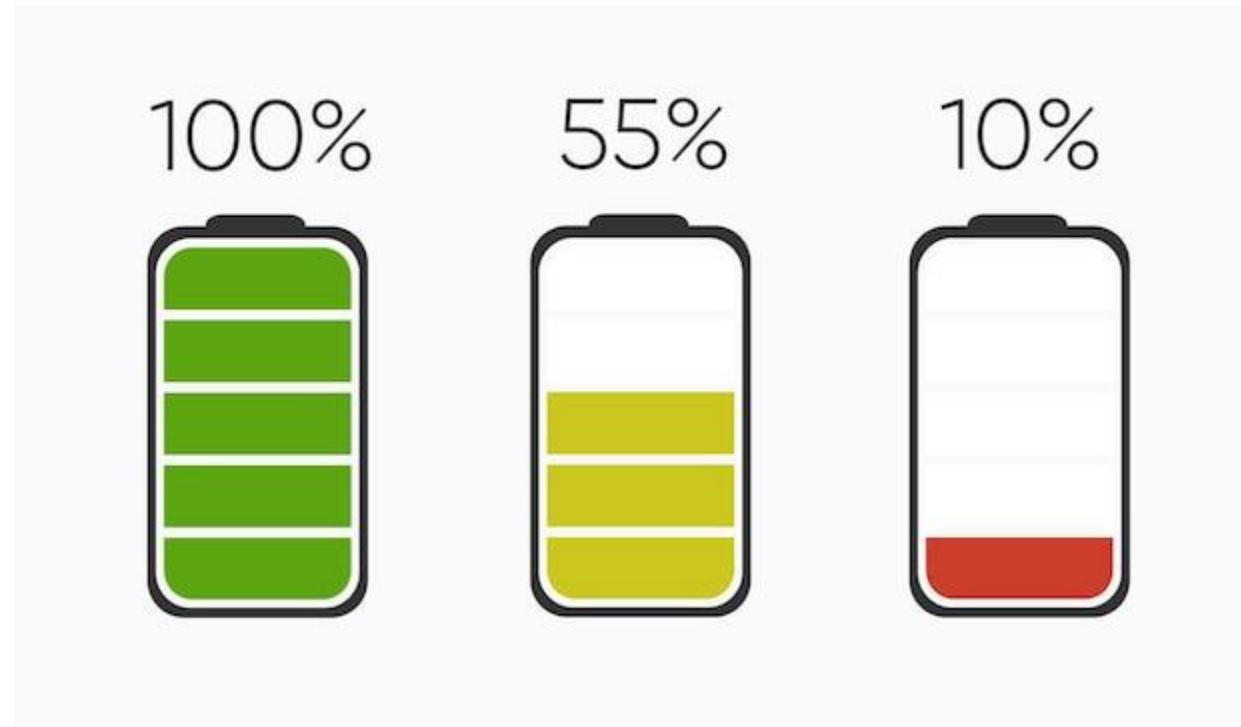
D'autres facteurs que le U (en W/m^2) sont à prendre en compte, notamment la masse, la diffusivité, l'effusivité.

Diffusivité : Fait varier la vitesse du flux thermique à travers un matériau (mais attention, le principe du déphasage thermique est à prendre avec beaucoup de recul).

Effusivité : Permet au matériau d'absorber plus ou moins d'énergie thermique.

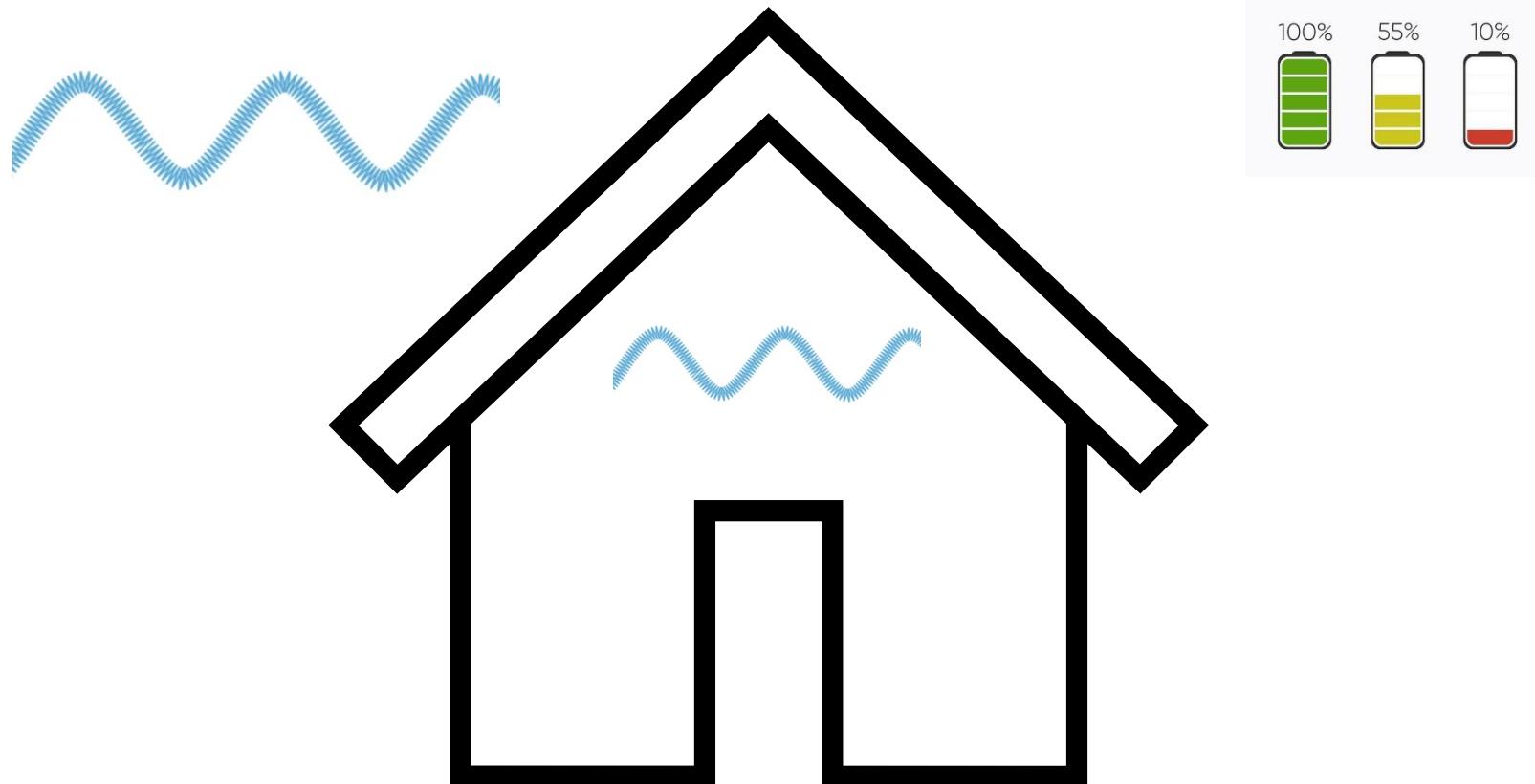
Un peu de physique

L'énergie, c'est une quantité ! Le rôle du stockage thermique dans le bâtiment



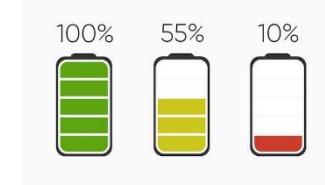
Un peu de physique

L'énergie, c'est une quantité ! Le rôle du stockage thermique dans le bâtiment



Un peu de physique

L'énergie, c'est une quantité ! Le rôle du stockage thermique dans le bâtiment



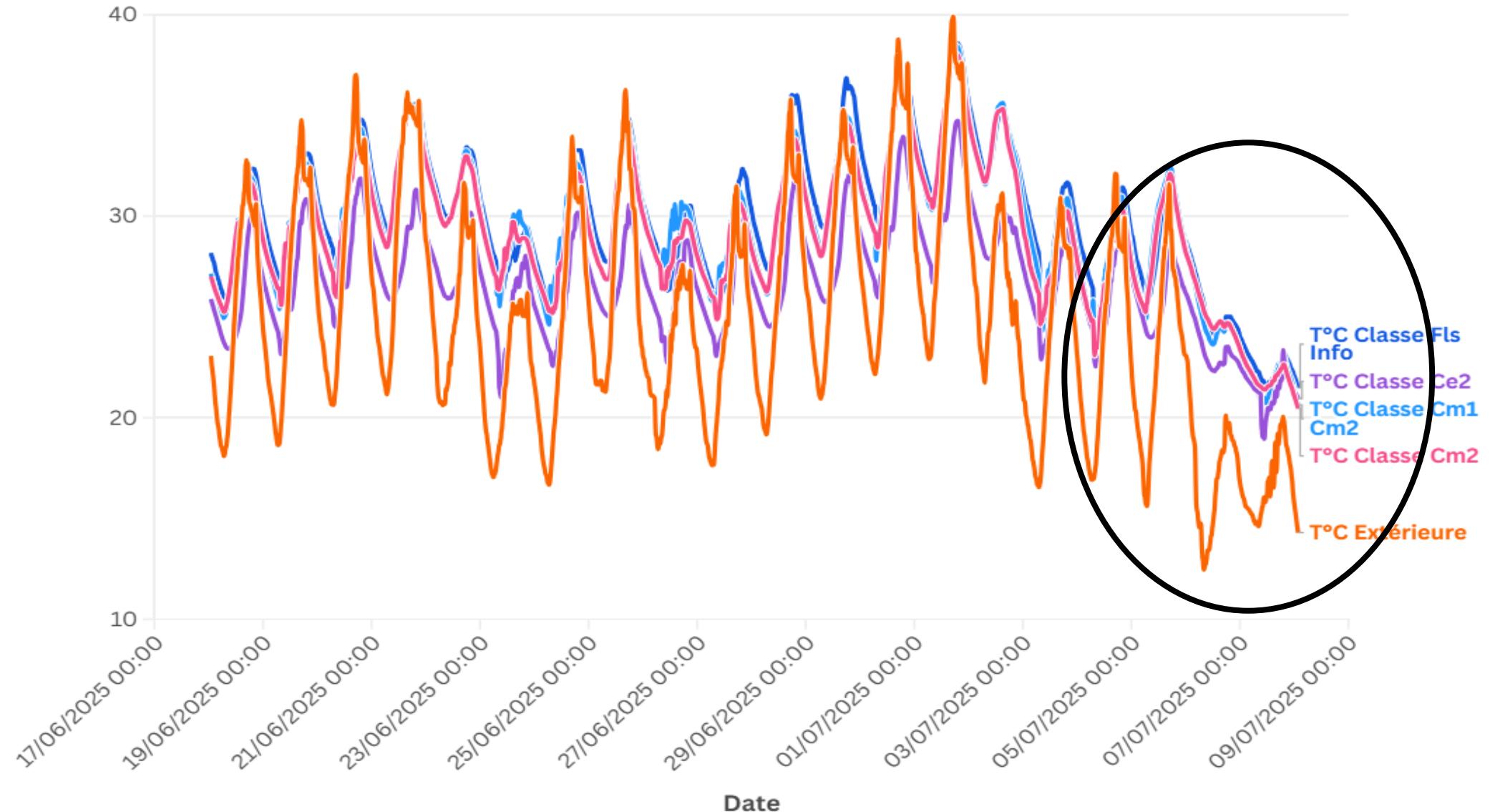
(potentiel de stockage/déstockage peut être limité si isolation intérieure et/ou si recouvrement des parois « massives »)

Voir l'inertie et la ventilation nocturne, en vrai !

Relevé de température RACINE

Ecole n°7

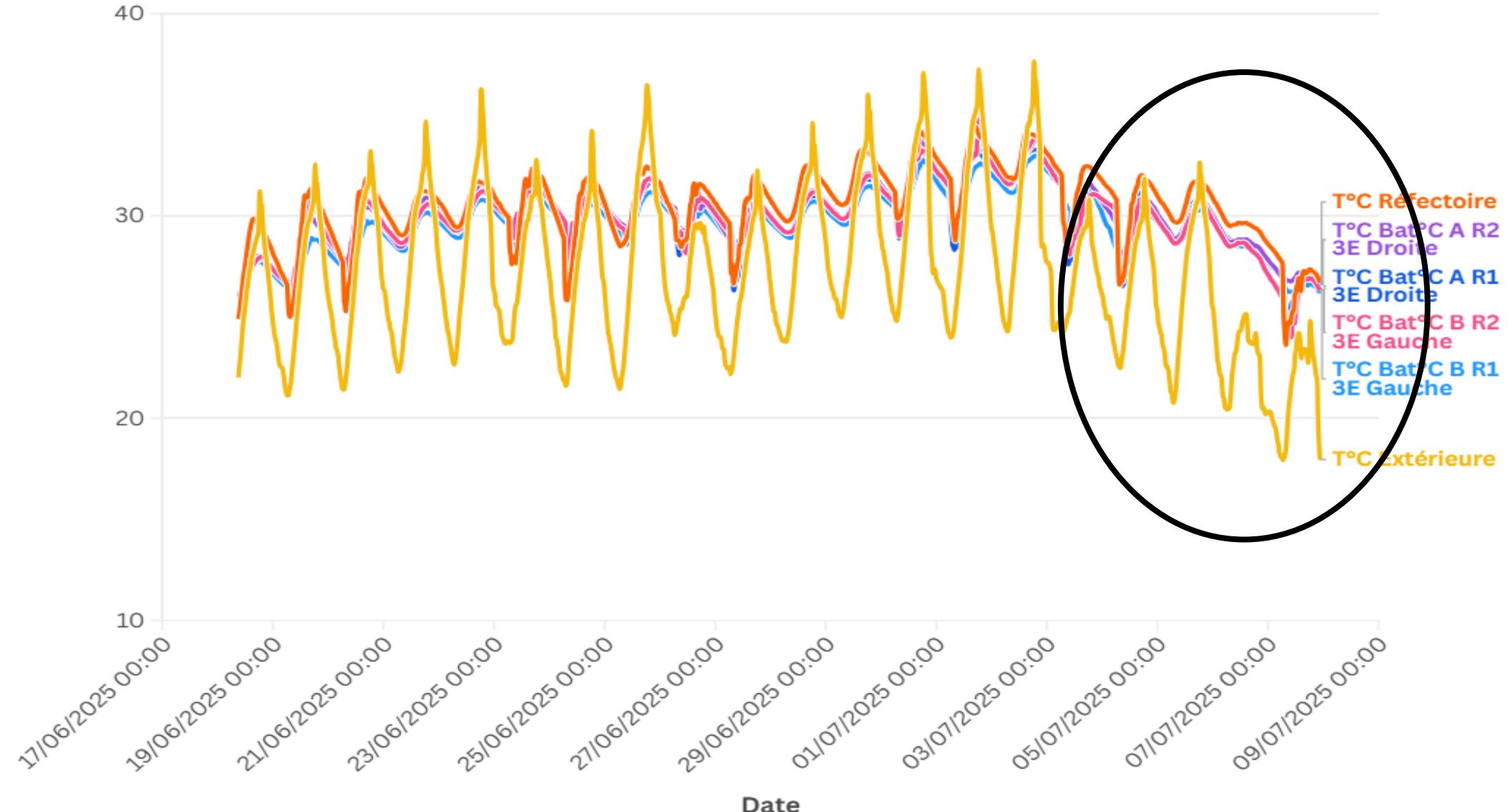
Température (°C)



Relevé de température RACINE

Ecole n°9

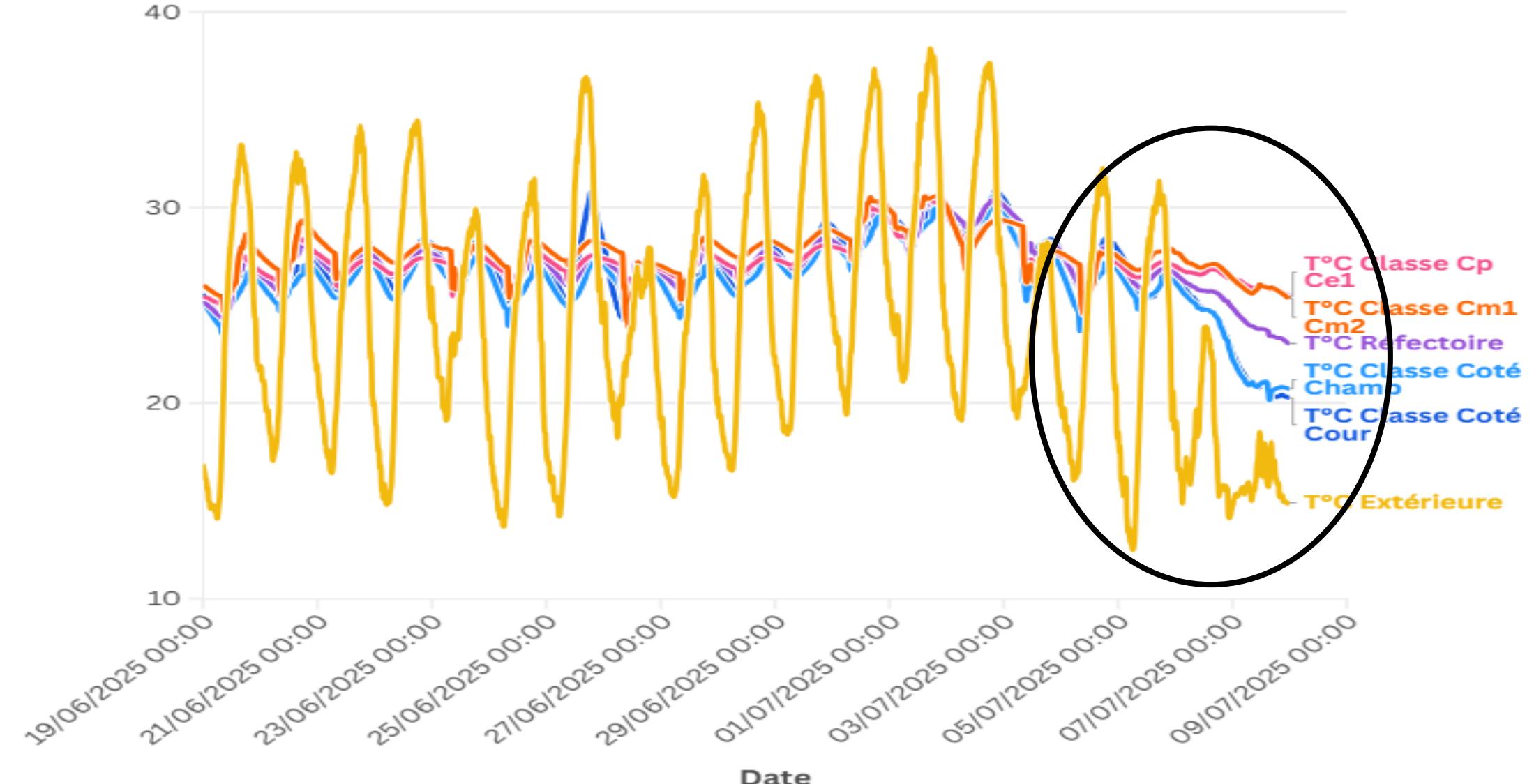
Température (°C)



Relevé de température RACINE

Ecole n°1

Température (°C)



Quelle sera la suite ?

La phase de diagnostic (en cours de finalisation) a mis en avant quelques points saillants.

Notre action pour cette première année sera donc de travailler sur :

- Les protections solaires (et leur bonne mise en œuvre)
- La ventilation nocturne (et sa bonne mise en œuvre)
- La mise en place de brasseurs d'air (et leur bonne mise en œuvre!)

Ventilation nocturne

Constat : « les batteries sont pleines ! » mais jusqu'où pourrons nous mobiliser ce potentiel ?

Les capacités d'inertie thermique du bâtiment peuvent être limitée du fait de contraintes de conception:

- Structure très peu « massive » (ex : préfabriqués)
- Isolation intérieur limitant le déchargement
- Bâtiments non traversants

Ou d'autres sujets non techniques :

- Risques intrusions de personne/d'animaux/d'intempéries (et notamment l'assurance !)
- Qui ouvre et qui ferme ?

Ventilation nocturne

Solutions envisagées :

Lorsqu'il y a une ventilation mécanique, la faire fonctionner la nuit.

Attention : certaines VMC sont effectivement en marche la nuit, mais sur des débits hygiéniques... donc très en dessous des débits nécessaires pour refroidir le bâtiment.

Activer la ventilation « naturelle ». Pour les problématiques d'intrusion, installer des dispositifs anti-intrusion et aller chercher l'ensemble des ouvrants qui peuvent être mobilisés (par exemple des oscillo-battants hors de portée)

Au-delà des solutions techniques

Faire rentrer le sujet de l'adaptation dans l'écosystème de l'école.

Mettre en place une organisation adaptée, en période de fortes chaleurs, et un « plan canicule » avec des rôles bien définis.

Aujourd'hui, les décisions sont prises « sur le coup », et une fois que les maîtres/maitresses font remonter le problème. À ce moment là, il est déjà trop tard : la chaleur est déjà rentrée dans le bâtiment.

Au-delà des solutions techniques

Inclure les enfants dans la dynamique notamment via des ateliers pédagogiques.

Eux aussi peuvent être acteurs et actrices de l'adaptation !

Au-delà des solutions techniques

Le décalage spatio-temporel !

Le décalage temporel (modifications des heures de cours début/fin) semble complexe à mettre en œuvre localement, car trop d'incidences sur le reste de « la société ».

Le décalage spatial peut parfois être mis en œuvre assez facilement (exemple récent) :

- Au sein de l'école (repérer les pièces plus ou moins exposées, parfois en fonction du moment dans la journée)
- À l'extérieur (faire classe dehors ?)

Le modèle de la salle de classe est peut-être à revoir, du moins en période de canicule...

Vous souhaitez participer ?

Attente stabilisation pour officialisation de la suite RACINE, avec potentiellement une prochaine vague expérimentale dès cette année ! (AMI en avril, le cas échéant, sur un format similaire au format précédent).

Possible de porter les actions dans votre école, via votre initiative : protection solaire, ventilation nocturne, décalage des cours, classe dehors, brasseurs d'air... Au cas par cas, et dans la mesure de notre temps disponible, nous pouvons vous conseiller.

Vos retours d'expérience nous seront précieux et pourront être partagés plus largement.

Des questions ?